



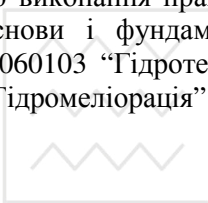
Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Міністерство освіти і науки України**  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Кафедра автомобільних доріг, основ і фундаментів

**053 – 111**

### **Методичні вказівки**

до виконання практичних занять з дисципліни “Механіка ґрунтів, основи і фундаменти” для студентів за напрямом підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”, професійне спрямування “Гідромеліорація” денної та заочної форм навчання.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Рекомендовано методичною  
комісією за напрямом  
підготовки “Гідротехніка  
(водні ресурси)”

Протокол № 5 від 21.01.2013р.

**Рівне – 2013**



Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни “Механіка ґрунтів, основи і фундаменти” для студентів за напрямом підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”, професійне спрямування “Гідромеліорація” денної та заочної форм навчання / М. Т. Кузло – Рівне: НУВГП, 2013, - 10с.

Упорядник : **М. Т. Кузло**, канд. техн. наук, доцент,

Відповідальний за випуск: **В. А. Гайдукевич**, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів.



## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	<b>3</b>
1. Визначення розмірів фундаментів мілкого закладання.....	3
2. Визначення несучої здатності висячих паль.....	5
3. Додаток А. 2. Значення розрахункових опорів під нижнім кінцем і на бічній поверхні забивних паль.....	7



## Вступ

Мета практичних занять – закріплення і поглиблення теоретичних знань в області розрахунку і проектування фундаментів мілкового та глибокого закладання, вміння користуватися технічною та нормативною літературою.

В даних методичних вказівках надається порядок визначення розмірів в плані фундаментів мілкового закладання, зокрема окремого стовпчастого фундаменту і несучої здатності висячої палі в складних інженерно-геологічних умовах.

### 1. Визначення розмірів фундаментів мілкового закладання

**Приклад 1.** Визначити розміри окремого центрально навантаженого фундаменту під колону промислової будівлі

Розрахункове навантаження на фундамент  $N_{II}=1100$  кН, глибина закладання фундаменту  $d=1,5$ м, підвал відсутній ( $d_b=0$ ). В основі залягає суглинок напівтвердий ( $I_L=0,2$ ;  $e=0,65$ ;  $\varphi_{II}=24^0$ ;  $c_{II}=31$  кПа;  $\gamma_{II}=\gamma'_{II}=18$ кН/м<sup>3</sup>).

*Розв'язання.*

1. Визначаємо в першому наближенні ширину підшови фундаменту  $b$ , вважаючи його квадратним:

$$b = \sqrt{\frac{N_{II}}{R_o - \gamma d}} = \sqrt{\frac{1100}{249 - 20 \cdot 1,5}} = 2,2 \text{ м}$$

$R_o$  – розрахунковий опір ґрунту,  $R_o = 249$  кПа ( див. табл. Е.3 ДБН В.2.1-10-2009).

2. Уточнюємо розрахунковий опір ґрунту  $R$  за формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}),$$

де  $\gamma_{c1}$  і  $\gamma_{c2}$  - коефіцієнти умов роботи, що приймають за табл. Е.7 ДБН В.2.1-10-2009 ( $\gamma_{c1} = 1,25$ ;  $\gamma_{c2} = 1,0$ );



$k$  - коефіцієнт, що приймають  $k = 1$ , якщо міцнісні характеристики ґрунту ( $\varphi$  і  $c$ ) визначені безпосередніми випробуваннями;

$M_\gamma$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  - коефіцієнти, що приймають за табл. Е.8 ДБН В.2.1-10-2009 ( $M_\gamma = 0,72$ ;  $M_q = 3,87$ ;  $M_c = 6,45$ );

$k_z$  - коефіцієнт, що приймають при  $b < 10$  м -  $k_z = 1$ , при  $b \geq 10$  м -  $k_z = z_0/b + 0,2$  (тут  $z_0 = 8$  м);

$b$  - ширина подошви фундаменту, м;

$\gamma_{II}$  - питома вага ґрунту, що залягає нижче подошви фундаменту (за наявності підземних вод визначають з урахуванням зважувальної дії води),  $\gamma_{II} = \gamma'_{II} = 18 \text{ кН/м}^3$ ;

$c_{II}$  - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під подошвою фундаменту,  $c_{II} = 31$  кПа;

$d_1$  - глибина закладання фундаментів безпідвальних споруд від рівня планування або приведена глибина закладання зовнішніх і внутрішніх фундаментів від підлоги підвалу ( $d_1 = 1,5$  м);

$d_b$  - глибина підвалу (при відсутності -  $d_b = 0$ ).

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_{II} + M_c \cdot c_{II}) = \frac{1,25 \cdot 1}{1,0} (0,72 \cdot 1,0 \cdot 2,2 \cdot 18,0 + 3,87 \cdot 1,5 \cdot 18,0 + 6,45 \cdot 31) = 416 \text{ кПа.}$$

3. Вираховуємо потрібну площу фундаменту  $A$ :

$$A = \frac{N_{II}}{R - \gamma d} = \frac{1100}{416 - 20 \cdot 1,5} = 2,85 \text{ м}^2.$$

4. Визначаємо розміри фундаменту. Можна прийняти самий близький за площею подошви середній фундамент, що має розміри  $2,1 \times 1,5$  м ( $A = 3,15 \text{ м}^2$ ), або прийняти індивідуальний квадратний фундамент зі стороною  $b = 1,7$  м.

Окремі монолітні фундаменти під колони можуть бути прийняті діючими серіями або індивідуальними. Для колон промислових будівель розроблені серії фундаментів 1.412 – 1/77 та 1.412 – 2/77. Фундаменти розроблені для тиску під подошвою від 0,15 до 0,6 МПа. Можливе використання також індивідуальних монолітних фундаментів під колони.

Під колони багатопверхових будівель розроблені також збірні фундаменти.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Під монолітні фундаменти рекомендується влаштовувати бетонну підготовку товщиною 100мм, для збірних фундаментів – підготовку із щебеню або піску.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## 2. Визначення несучої здатності висячих паль

У ряді випадків, при проектуванні фундаментів у верхній частині основи знаходяться відносно слабкі шари ґрунту, тому виникає необхідність у передачі тиску від споруди на більш міцні ґрунти або розподіленні тиску по глибині ґрунтової товщі. В таких випадках часто влаштовують фундаменти на палях, які здатні сприймати значно більші, порівняно з фундаментами мілкого закладання, вертикальні і горизонтальні навантаження. Крім того фундаменти на палях іноді є більш економічними в зв'язку із зменшенням об'ємів земляних робіт.

Палями називаються відносно довгі стержні, які занурюють в ґрунт, з метою передачі навантаження від споруди на більш глибоко розташовані шари ґрунту.

Палі класифікують за умовами передачі навантаження на ґрунт, за формою, за матеріалом тощо. За умовами передачі навантаження на ґрунт існують палі-стояки та висячі палі.

До палі-стояків відносять палі, що спираються на скельні ґрунти, а забивні палі крім того на малостисливі ґрунти – глини твердої консистенції, аргіліти, алевроліти, великоуламкові з піщаними та глинистим заповненням з модулем деформації  $E \geq 50 \text{ МПа}$ .

До висячих паль відносять палі, що передають навантаження на ґрунт основи як за рахунок лобового опору, так і за рахунок сил бічного тертя і спираються на відносно стисливі ґрунти  $E \leq 50 \text{ МПа}$ .

За способом занурення в ґрунт розрізняють: забивні, буронабивні, буроін'єкційні, гвинтові палі тощо.

**Приклад 2.** Визначити несучу здатність висячої забивної залізобетонної палі з поперечним перерізом  $300 \times 300 \text{ мм}$ , довжиною  $L = 8 \text{ м}$ , заглибленої в ґрунт дизель-молотом нижче дна котловану (низу ростворка) глибиною  $h_k = 1,0 \text{ м}$  на глибину  $7,7 \text{ м}$ . З позначки дна котлована залягає пісок пилюватий середньої щільності, товщина шару –  $2 \text{ м}$ . Нижче – суглинок з  $I_L = 0,5$  товщиною шару  $3,1 \text{ м}$ , супісок з  $I_p = 3$ ,  $e = 0,7$  –  $1,9 \text{ м}$  та пісок середньої крупності щільний, в який паля заглиблена на  $0,7 \text{ м}$  (див. рис. 1).

*Розв'язання.*

1. Креслимо геологічний розріз. Наносимо на нього контур котлована і палі. Геологічні верстви ґрунту ділимо на розрахункові



шари товщиною не більше 2 м ( в нашому випадку ділимо тільки суглинок, який має товщину 3,1 м, на два розрахункові шари 2,0 та 1,1 м).

2. Записуємо формулу несучої здатності висячої палі  $F_d$ . За табл. Н.2.1, Н.2.2 та Н.2.3 ДБН В.2.1 -10 - 2009 Зміни №1, знаходимо значення величин, які входять у формулу. ( див. рис. 2).

$$\text{Отже, } F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum_{c=1}^{i=n} \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i),$$

де  $\gamma_c=1$ ;  $\gamma_{cR} = \gamma_{cf}=1$  ( у випадку заглиблення палі дизель-молотом – див. табл. Н2.3);  $A = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$ ;  $u = 4 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ м}$ .

Знаходимо  $R$ . Заглиблення нижнього кінця паля від поверхні ґрунту дорівнює 8,7 м. В табл. Н.2.1 розрахунковий опір піску середньої крупності на цій глибині  $R = 3870 \text{ кПа}$ , але пісок щільний, тому значення  $R$  збільшуємо на 60%, тоді  $R = 3870 \cdot 1,6 = 6192 \text{ кПа}$  ( див. примітку 4 до табл. Н.2.1).

Для визначення розрахункових опорів ґрунту на боковій поверхні палі  $f_i$  знаходимо відстань від поверхні ґрунту до середини кожного шару  $L_i$ , а потім в табл.Н.2.2 відповідне значення  $f_i$ . Ці дані, а також товщину розрахункового шару  $h_i$  записуємо в таблицю рис.1 . Наприклад,  $L_1 = 2 \text{ м}$ . Дивимось у табл. Н.2.2 –  $f_1 = 21 \text{ кПа}$ . Таким же чином визначаємо  $f_2$  та  $f_3$  для суглинка з показником текучості  $I_L = 0,5$ . Для супісків з числом пластичності  $I_L < 4$  і коефіцієнтом пористості  $e < 0,8$  розрахункові опори  $R$  та  $f_i$  визначаються як для пилуватих пісків середньої щільності, тому на глибині 7,05м,  $f_4 = 32 \text{ кПа}$ . (див. примітку 7 табл. Н.2.1). Для пісків щільних значення розрахункового опору  $f_i$  збільшується на 30% (примітка 3 табл. Н.2.2), тому  $f_5$  в нашому прикладі помножене на 1.3.

3. Підставимо отримані значення в формулу  $F_d$

(значення  $\sum_{c=1}^{i=5} \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i$  беремо з табл. рис. 1).

$$F_d = 1(1 \cdot 6192 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot 231) = 557,3 + 277,2 = 834,5 = 834 \text{ кН}.$$

Відповідь: несуча здатність палі  $F_d = 834 \text{ кН}$ . Допустиме навантаження на палю  $P = F_d / 1,4 = 834 / 1,4 = 596 \text{ кН}$ .

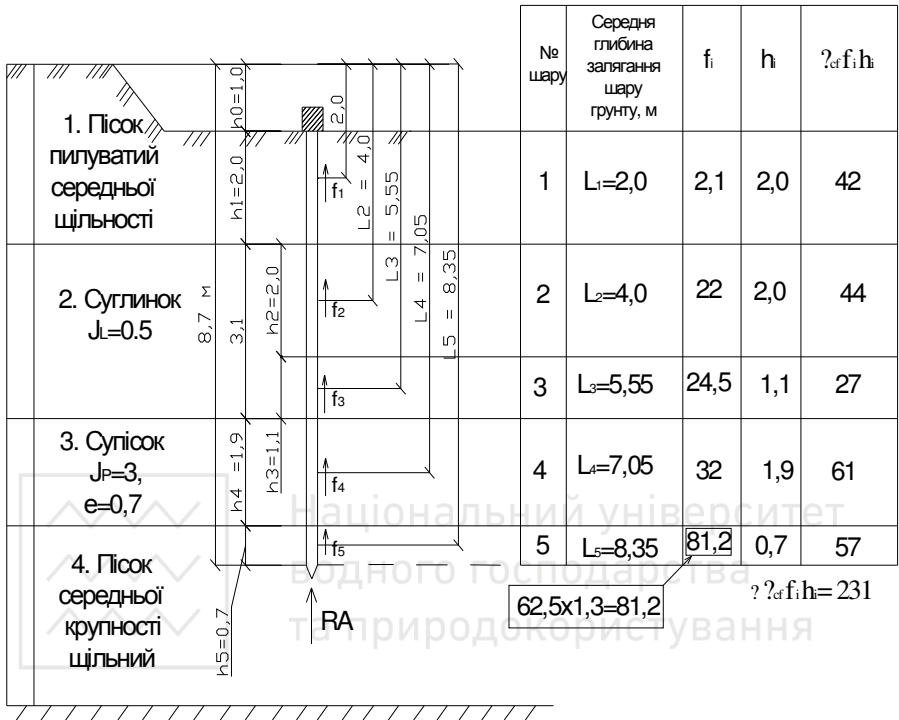


Рис. 3.2. Розрахункова схема до розрахунку несучої здатності висячої палі та допоміжна таблиця





### 3. Додаток А. Значення розрахункових опорів під нижнім кінцем і на бічній поверхні забивних паль

Таблиця 1 (табл. Н.2.1 ДБН В.2.1-10-2009. Зміни №1) – Значення розрахункових опорів під нижнім кінцем забивних паль

Заглиблення нижнього кінця палі, м	Розрахунковий опір під нижнім кінцем забивних паль і паль-оболонок, заглиблених без виїмки ґрунту, $R$ , кПа						
	піщаних ґрунтів середньої щільності						
	гравелистих	крупних	-	середньої крупності	дрібних	пилуватих	-
	глинистих ґрунтів з показником текучості $I_L$ , що дорівнює						
	$\leq 0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	6600	3000	3100	2000	1100	600
		4000		2000	1200		
4	8300	6800	3800	3200	2100	1250	700
		5100		2500	1600		
5	8800	7000	4000	3400	2200	1300	800
		6000		2800	2000		
7	9700	7300	4300	3700	2400	1400	850
		6900		3300	2200		
10	10500	7700	5000	4000	2600	1500	900
		7300		3500	2400		
15	11700	8200	5600	4400	2900	1650	1000
		7500		4000			
20	12600	8500	6200	4800	3200	1800	1100
				4500			
25	13400	9000	6800	5000	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400

#### Примітки:

1. Над рискою дається значення  $R$  для піщаних ґрунтів, під рискою – для глинистих.

2. В табл. Н.2.1 і Н.2.2 заглиблення нижнього кінця палі і середню глибину розташування розрахункового шару ґрунту при розплануванні території зрізуванням, підсипкою, намиванням до 3м слід приймати від рівня природного рельєфу, а при зрізуванні,



підсипки, намиванні від 3 м до 10 м – від умовної позначки, розташованої відповідно на 3 м вище рівня зрізу, або на 3 м нижче рівня підсипки.

3. Для проміжних заглиблень палі та проміжних значень показника текучості  $I_L$  глинистих ґрунтів значення  $R$  і  $f_i$  в табл. Н.2.1 і Н.2.2 визначаються інтерполяцією.

4. Для щільних піщаних ґрунтів, ступінь щільності яких визначається за даними статистичного зондування, значення  $R$  в табл. Н.2.1 для палі, заглиблених без використання підмиву або лідерних свердловин, слід збільшити на 100%. Якщо ступінь щільності ґрунту визначався за даними видів інженерних досліджень при відсутності даних статичного зондування, то для щільних пісків значення  $R$  в табл.Н.2.1 слід збільшити на 60 %, але не більш як до 20000 кПа.

5. Значення розрахункових опорів  $R$  за таблицею Н.2.1 допускається використовувати за умови, якщо заглиблення палі у ґрунт, що не розмивається і нек зрізається, складає не менше ніж: 4,90м – для мостів і гідротехнічних споруд; 3,0м – для будівель і інших споруд.

6. Значення розрахункового опору  $R$  під нижнім кінцем забивних палі з поперечним перерізом 0,15х0,15м і менше, які використовуються в фундаментах внутрішніх перегородок одноповерхових промислових будівель, допускається збільшувати на 20 %.

7. Для супісків з числом пластичності  $I_p < 4$  та коефіцієнтом пористості  $e < 0,8$  розрахункові опори  $R$  і  $f_i$  слід визначати як для пилюватих пісків середньої щільності.

8. При визначенні розрахункового опору на бічній поверхні палі  $f_i$  за табл. Н.2.2 слід урахувати вимоги приміток 2 і 3 до табл.1.

9. При визначенні розрахункових опорів ґрунтів на бічній поверхні палі  $f_i$  верстви ґрунту слід розділяти на однорідні шари товщиною не більше 2 м.

10. Значення розрахункового опору щільних піщаних ґрунтів на бічній поверхні палі  $f_i$  слід збільшувати на 30% в порівнянні із значеннями, що наведені в табл. Н.2.2.

11. Розрахунковий опір супісків і суглинків з коефіцієнтом пористості  $e < 0,5$  і глин з коефіцієнтом пористості  $e < 0,6$  слід



збільшувати на 15 % у порівнянні із значеннями, наведеними в табл. Н.2.2.

Таблиця 2 (табл. Н.2.2 ДБН В.2.1-10-2009. Зміни №1) – Значення розрахункових опорів на бічній поверхні забивних паль, що занурюються без виймання ґрунту

Середня глибина розташування шару ґрунту, м	Розрахунковий опір на бічній поверхні забивних паль і паль-оболонки $f_i$ , кПа								
	піщаних ґрунтів середньої щільності								
	крупних і середньої крупності	дрібних	пилуватих	-	-	-	-	-	-
	глинистих ґрунтів з показником текучості $I_L$ , що дорівнює								
	≤0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	21	13	9	8	7

**Література:**

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд –К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 78с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Зміни №1. Основи та фундаменти споруд – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 54с.